

## مطالعه‌ی رفتار میدان گرانی زمین در جنوب ناحیه‌ی مونت پلیه‌ی فرانسه با روش میکروگرانی سنجی

بابک شریفی<sup>۱\*</sup>، مجید عباسی<sup>۲</sup>، ژان پیر بریو<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئودزی دانشگاه زنجان

۲- استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه زنجان

۳- استاد دانشگاه پلی‌نزی فرانسه

### چکیده :

در منطقه‌ی گریگ در جنوب شرقی فرانسه، گودالی وجود دارد که در بالای یک تپه واقع شده است. در چگونگی ایجاد این گودال دو فرضیه مطرح شده است که اولی برخورد شهاب سنگ به این نقطه و دوم فرونشست در اثر وجود حفره‌های آهکی در لایه‌های زیرین این منطقه است. برای پاسخ به این پرسش، از روش میکروگرانی سنجی استفاده شده که در آن دو پروفیل به طول بیش از ۳۰۰ متر در داخل گودال ایجاد شده و اندازه‌گیری‌های دقیق گرانی در آن صورت گرفته است. عملیات گرانی‌سنجی در ۳۵ ایستگاه در داخل و اطراف گودال مذکور انجام گرفته و همزمان با گرانی‌سنجی، ایستگاه‌ها با جی‌پی‌اس ژئودتیک تعیین موقعیت شده‌اند. در این تحقیق به روند اعمال تصحیحات و پردازش روی مشاهدات گرانی پرداخته شده و پس از اعمال این مراحل روی داده‌های مذکور، نقشه‌ی آنامولی بوگه‌ی کامل برای منطقه‌ی مورد مطالعه به دست آمده است که مقادیر منفی در حد  $0.3$  - میلی‌گال در مرکز گودال را نشان می‌دهد. این موضوع نشان‌گر وجود توده‌ای با چگالی کم در زیر این ناحیه است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که این گودال، به احتمال زیاد از فرونشست لایه‌ی سطحی زمین به سبب وجود حفره‌های آهکی (کارستی) در زیر آن به وجود آمده است.

واژه‌های کلیدی : گرانی، میکروگرانی سنجی، شهاب سنگ، حفره‌های آهکی، تصحیحات گرانی‌سنجی.



## ۱- مقدمه

گرانی‌سنجی به عنوان یکی از تکنیک‌های ژئوفیزیکی، در اکتشافات و مقاصد علمی کاربرد دارد. اساس این روش بر اندازه‌گیری تفاوت شتاب گرانی در سطح زمین در اثر تغییرات چگالی مواد تشکیل دهنده زیر سطح زمین استوار است. تغییر در چگالی سنگ‌ها و رسوبات، به عنوان مولد بی‌هنجاری گرانی در این روش قابل شناسایی است. بی‌هنجاری‌های گرانی می‌تواند مربوط به کانسارهای معدنی، پدیده‌های زمین‌شناسی، حفرات، تونل‌ها یا اجسام مدفون شده باشد [۱].

با افزایش دقت دستگاه‌های گرانی‌سنج نسبی تا چند میکروگال، افزایش کمی و بهبود دقت اطلاعات جانبی مورد نیاز مثل مدل‌های رقومی ارتفاعی زمین (DEM)<sup>۱</sup> و افزایش قابلیت‌های نرم‌افزاری جهت پردازش اطلاعات، تکنیک میکروگرانی‌سنجی گسترش روز افزون پیدا کرده است. مزیت بزرگ این روش در غیرمخرب بودن آن است و ناگفته نماند که کارایی آن مستلزم ظرافت و حساسیت زیاد در مراحل پردازش و تفسیر نتایج است [۲].

در منطقه گریگ<sup>۲</sup> در جنوب شهر مونت‌پلیه در جنوب شرقی فرانسه، گودالی در بالای یک تپه وجود دارد که مورد توجه زمین‌شناسان و ژئوفیزیک‌ها واقع شده است. اهمیت این گودال در پاسخ به چگونگی ایجاد آن است. این گودال با شعاع تقریبی ۳۰۰ متر، به گونه‌ای است که لبه‌های آن ارتفاعی بیشتر از مناطق خارج از گودال دارد، یعنی می‌توان اینگونه بیان کرد که این عارضه پیش‌تر تپه بوده و در اثر یک حادثه، قله‌ی آن به گودالی بدل شده ولی دامنه‌ی کوه همچنان باقی است. دو فرضیه‌ی اساسی در علت ایجاد این گودال مطرح شده است، فرضیه‌ی اول احتمال برخورد شهاب سنگ است و فرضیه‌ی دوم فرونشست قله‌ی تپه به دلیل وجود حفره‌های آهکی در زیر آن است. در این تحقیق سعی شده است که با پردازش و تفسیر داده‌های میکروگرانی، پاسخی برای سوال مطرح شده در این مسئله پیدا شود. پروژه‌ی میکروگرانی‌سنجی در این منطقه با برداشت داده‌های گرانی با دستگاه گرانی‌سنج نسبی لاکوست-رومبرگ<sup>۳</sup> مدل G شماره‌ی ۹۵۲ و تعیین موقعیت ژئودتیک دقیق ایستگاه‌ها با گیرنده‌ی جی‌پی‌اس دو فرکانسه‌ی تریمبل، در روزهای ۲۴ تا ۲۷ جولای سال ۲۰۰۶ میلادی توسط موسسه‌ی بین‌المللی گرانی‌سنجی (BGI)<sup>۴</sup> فرانسه انجام شد. داده‌های گرانی نسبی مجموعاً در ۳۵ ایستگاه، در اطراف منطقه‌ی مورد مطالعه و نیز در دو خط تقریباً عمود بر هم، در داخل گودال قرائت شده‌اند. مدل رقومی ارتفاعی با مبنای ارتفاعی ژئوئید و قدرک تفکیک ۵ متری که شعاع ۱۰ کیلومتری از منطقه را پوشش می‌دهد در دسترس است. مشاهدات گرانی از ایستگاه گرانی مطلق در دانشگاه مونت‌پلیه با مقدار گرانی مطلق ۹۸۰۴۸۷/۱۳۷ میلی‌گال شروع و نهایتاً در همین ایستگاه خاتمه یافته است. مختصات ژئودتیک این ایستگاه عبارتست از:

طول ژئودتیک: "۳°۵۱'۵۸"، عرض ژئودتیک: "۴۳°۳۸'۱۷"، ارتفاع ژئودتیک تقریباً ۷۰ متر.

## ۲- پردازش داده‌های جی‌پی‌اس

داده‌های جی‌پی‌اس با گیرنده‌ی دوفرکانسه‌ی تریمبل ۲۷۰۰ با آنتن چوک-رینگ برداشت شده‌اند، به نحوی که گیرنده‌ی متحرک روی هر ایستگاه به طور متوسط ۳۰ دقیقه مشاهده کرده است. این داده‌ها توسط نرم افزار لایکا ژئو آفیس (LGO)<sup>۵</sup> پردازش شد و مختصات ژئودتیک ایستگاه‌ها به دست آمد. ارتفاع ارتومتریک و ارتفاع ژئوئید نیز برای هر

<sup>1</sup> Digital Elevation Model

<sup>2</sup> Garrigue

<sup>3</sup> LaCoste-Romberge

<sup>4</sup> Bureau Gravimetric International

<sup>5</sup> Leica Geomatics Office



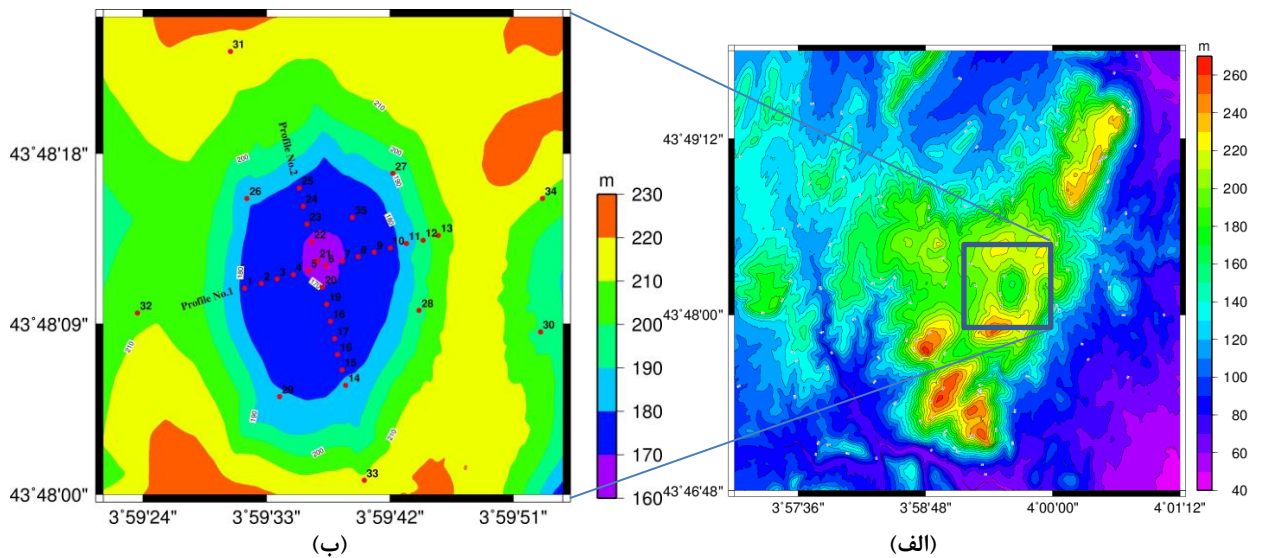
ایستگاه با استفاده از مختصات ژئودتیک و مدل ژئوپتانسیل EGM96<sup>6</sup> محاسبه شد. در جدول (۱) مختصات ژئودتیک و ارتفاع ارتومتریک ایستگاه‌ها ارائه شده است.

جدول ۱: نتایج حاصل از پردازش داده‌های جی‌پی‌اس

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع ژئودتیک (متر)	ارتفاع ارتومتریک (متر)	ارتفاع ژئوئید (متر)
1	4°00'48.7321"	43°47'41.8032"	225.718	175.426	50.292
2	3°59'31.4080"	43°48'10.8894"	222.8823	172.59	50.292
3	3°59'32.6311"	43°48'11.1324"	221.4031	171.111	50.292
4	3°59'33.7884"	43°48'11.3702"	220.6149	170.323	50.292
5	3°59'34.9666"	43°48'11.5979"	220.3686	170.077	50.291
6	3°59'36.0894"	43°48'11.8134"	219.895	169.604	50.291
7	3°59'37.3381"	43°48'12.0690"	219.6277	169.337	50.291
8	3°59'38.5338"	43°48'12.3127"	219.5551	169.265	50.291
9	3°59'39.6979"	43°48'12.5446"	219.9231	169.633	50.29
10	3°59'40.8627"	43°48'12.7790"	220.8044	170.514	50.29
11	3°59'42.0261"	43°48'13.0128"	222.5372	172.247	50.29
12	3°59'43.1977"	43°48'13.2486"	225.0987	174.809	50.289
13	3°59'44.4204"	43°48'13.4219"	228.1186	177.829	50.289
14	3°59'45.5356"	43°48'13.6765"	232.3235	182.036	50.288
15	3°59'38.7757"	43°48'05.7636"	228.8746	178.586	50.288
16	3°59'38.5210"	43°48'06.5799"	226.6644	176.376	50.289
17	3°59'38.1942"	43°48'07.3902"	224.7699	174.481	50.289
18	3°59'37.9750"	43°48'08.2184"	222.7824	172.493	50.29
19	3°59'37.6799"	43°48'09.1371"	221.4214	171.131	50.29
20	3°59'37.3917"	43°48'10.0445"	220.5908	170.3	50.291
21	3°59'37.0985"	43°48'10.9419"	219.8304	169.539	50.291
22	3°59'36.7065"	43°48'12.3402"	219.7468	169.455	50.292
23	3°59'36.2905"	43°48'13.3337"	220.1745	169.882	50.292
24	3°59'35.9727"	43°48'14.2667"	221.3122	171.019	50.293
25	3°59'35.6856"	43°48'15.2217"	223.7327	173.439	50.293
26	3°59'35.3910"	43°48'16.1717"	228.1115	177.817	50.294
27	3°59'31.5792"	43°48'15.6216"	227.2336	176.942	50.292
28	3°59'42.2119"	43°48'16.9404"	230.3395	180.052	50.288
29	3°59'44.1264"	43°48'09.7065"	236.072	185.783	50.289
30	3°59'33.9576"	43°48'05.1594"	263.7391	213.454	50.285
31	3°59'52.9723"	43°48'08.5828"	264.1558	213.857	50.298
32	3°59'30.3704"	43°48'23.3904"	260.36	210.066	50.294
33	3°59'23.6050"	43°48'09.5770"	268.8395	218.554	50.285
34	3°59'40.1239"	43°48'00.7426"	264.8227	214.535	50.288
35	3°59'53.1343"	43°48'15.6290"	219.6132	169.322	50.292

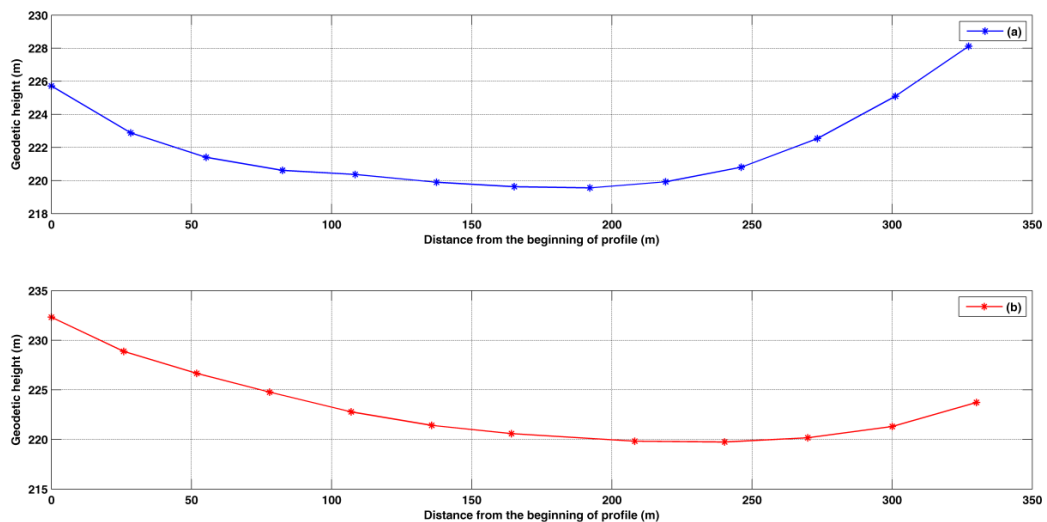
ایستگاه‌های گرانی و وضعیت توپوگرافی منطقه، در شکل (۱) نشان داده شده‌اند. مطابق شکل (۱-ب)، نقاط ۱ تا ۱۳ پروفیل شماره ۱ و نقاط ۱۳ تا ۲۵ پروفیل شماره ۲ نامگذاری شده‌اند.

<sup>6</sup> Earth Gravitational Model 1996



شکل ۱: (الف) وضعیت توپوگرافی منطقه و (ب) پراکندگی ایستگاه‌های گرانی‌سنجی

شکل (۲) وضعیت توپوگرافی منطقه در طول پروفیل‌های ۱ و ۲ را نشان می‌دهد.



شکل ۲: تغییرات توپوگرافی در طول پروفیل‌های (بالا) شماره ۱ و (پایین) شماره ۲

### ۳- پردازش و تصحیحات داده‌های گرانی

مشاهدات گرانی آلوده به خطاهای مختلفی هستند که مهمترین آن‌ها خطاهای جزر و مد و دریافت دستگاهی‌اند. پس از تعدیل این خطاها، شبکه‌ی گرانی‌سنجی باید سرشکنی شود. سرشکنی شبکه‌های گرانی‌سنجی مشابه شبکه‌های ترازبایی صورت می‌گیرد. پس از این مرحله شتاب گرانی نقاط به دست می‌آید. این شتاب‌ها به دلیل عوامل متعدد با هم اختلاف دارند. اختلاف ارتفاع نقاط، تأثیر توپوگرافی و البته اختلاف چگالی توده‌های جرم مولد گرانش از عوامل این اختلاف هستند که مورد آخر، سیگنال و بقیه نویز هستند. پس از اعمال همه‌ی این تصحیحات نقشه‌ی آنامولی بوجه حاصل خواهد شد [۲].

#### ۳-۱- تصحیح جزر و مدی

گام اول در محاسبات، اعمال تصحیح جزر و مدی روی مشاهدات است. برای این منظور، روابط معرفی شده در (لانگ-من، ۱۹۵۹) به کار گرفته شده‌اند. این روابط، مقدار تصحیح جزر و مدی زمین را با در نظر گرفتن تاریخ و ساعت مشاهده و طول و عرض ژئودتیک ایستگاه گرانی‌سنجی برای هر مشاهده ارائه می‌کند [۳].

**۳-۲- تصحیح دریافت دستگاهی**

گام دوم در محاسبات گرانی، تصحیح ناشی از دریافت دستگاه گرانی‌سنج است. تغییرات این خطای سیستماتیک را در طول یک روز می‌توان خطی در نظر گرفت و از آنجائیکه مشاهدات در هر روز از یک ایستگاه شروع و پس از قرائت روی چندین ایستگاه، در پایان روز مجدداً روی ایستگاه اول مشاهده انجام شده است، بنابراین از روابط ارائه شده برای تصحیح این خطا در یک حلقه‌ی بسته استفاده شده است [۴].

**۳-۳- سرشکنی مشاهدات**

پس از اعمال تصحیحات جزر و مدی و دریافت دستگاهی، شبکه‌ی گرانی‌سنجی با رابطه‌ی زیر سرشکنی شد:

$$dg_{ij} = g_j - g_i + r_i \quad (1)$$

در این رابطه  $g_i$  و  $g_j$  به ترتیب مقادیر مجهول شتاب‌گرانی در نقاط  $i$  و  $j$  و  $dg_{ij}$  مشاهده‌ی گرانی تصحیح شده و  $r_i$  خطای تصادفی هستند. مقادیر شتاب‌گرانی ایستگاه‌ها به کمک روش کمترین مربعات و با توجه به معلوم بودن مقدار شتاب‌گرانی در ایستگاه گرانی مطلق واقع در دانشگاه مونت‌پلیه محاسبه شدند. مقادیر شتاب‌گرانی مطلق ایستگاه‌ها در جدول (۲) ارائه شده‌اند.

**۳-۴- شتاب‌گرانی نرمال**

برای محاسبه‌ی مقادیر آنامولی هوای آزاد و بوگه باید شتاب‌گرانی نرمال برای هر ایستگاه محاسبه شود. برای این منظور، روابط ارائه شده در (هافمن و موریتز، ۲۰۰۵) به کار گرفته شده‌اند [۵]. مقادیر شتاب‌گرانی نرمال برای هر ایستگاه در جدول (۲) ارائه شده‌اند.

**۳-۵- تصحیح هوای آزاد**

برای حذف اثر تغییرات ارتفاعی روی مقادیر شتاب‌گرانی به دلیل ارتفاع از سطح مبنای ژئوئید، از رابطه‌ی زیر استفاده شده است:

$$Cg_{fa} = 0.3086H \quad (2)$$

و برای محاسبه‌ی آنامولی هوای آزاد رابطه‌ی زیر به کار گرفته شده است:

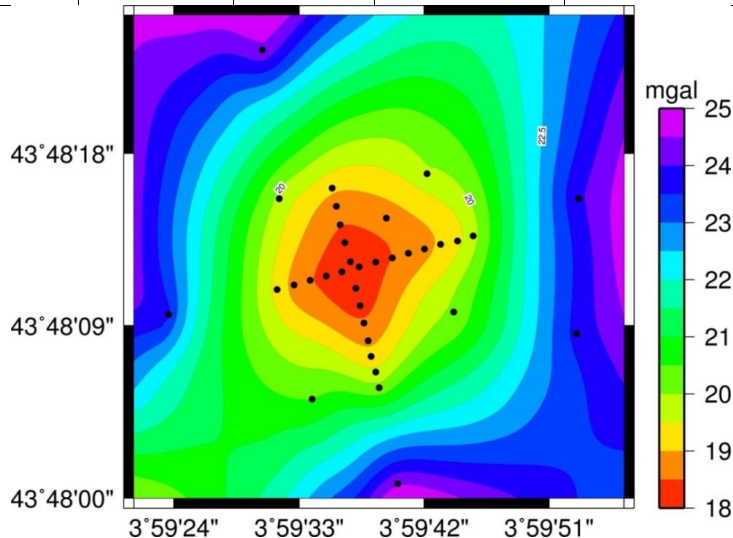
$$\Delta g_{fa} = g_{obs} + Cg_{fa} - \gamma_0 \quad (3)$$

در این رابطه  $H$  ارتفاع ارتومتریک،  $Cg_{fa}$  تصحیح هوای آزاد،  $g_{obs}$  شتاب‌گرانی مطلق مشاهده شده،  $\gamma_0$  شتاب‌گرانی نرمال روی بیضوی و  $\Delta g_{fa}$  آنامولی هوای آزاد است [۶]. مقادیر محاسبه شده برای آنامولی هوای آزاد در جدول (۲) ارائه شده‌اند و شکل (۳) نمایش‌گر نقشه‌ی آنامولی هوای آزاد در محل است.



جدول ۲: نتایج نهایی مقادیر شتاب گرانی و آنامولی‌ها. (همه‌ی مقادیر به میلی‌گال هستند).

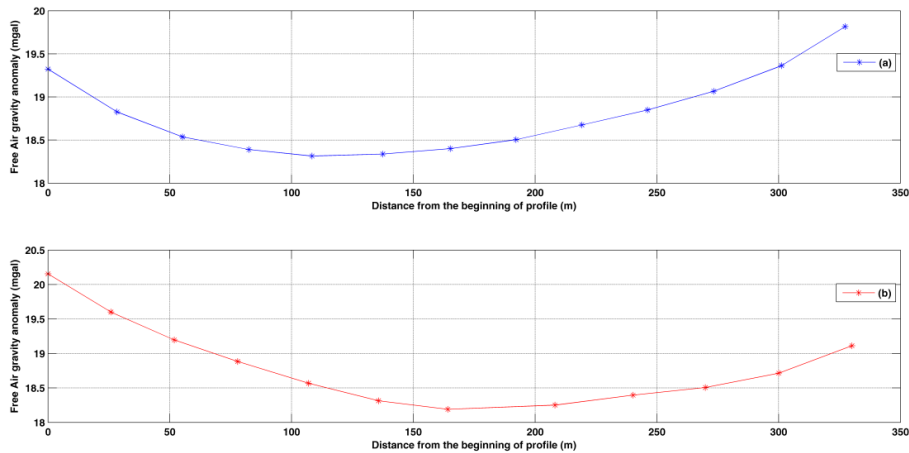
ایستگاه	شتاب گرانی مطلق (g)	شتاب گرانی نرمال (γ)	نوسان جاذبه (δg)	آنامولی هوای آزاد (Δg <sub>fa</sub> )	تصحیح بوگه‌ی کامل (Cg <sub>B</sub> )	آنامولی بوگه‌ی کامل (Δg <sub>B</sub> )
1	980476.665	980441.835	34.83	19.3234636	19.0265	0.2969636
2	980477.05	980442.716	34.334	18.826274	18.7296	0.096674
3	980477.222	980443.178	34.044	18.5368546	18.5755	-0.0386454
4	980477.324	980443.427	33.897	18.3896778	18.4943	-0.1046222
5	980477.331	980443.508	33.823	18.3147622	18.47	-0.1552378
6	980477.506	980443.661	33.845	18.3377944	18.4219	-0.0841056
7	980477.657	980443.75	33.907	18.4003982	18.3954	0.0049982
8	980477.789	980443.778	34.011	18.504179	18.3894	0.114779
9	980477.852	980443.67	34.182	18.6747438	18.4304	0.2443438
10	980477.761	980443.404	34.357	18.8496204	18.5265	0.3231204
11	980477.449	980442.876	34.573	19.0664242	18.7109	0.3555242
12	980476.959	980442.089	34.87	19.3630574	18.9824	0.3806574
13	980476.486	980441.164	35.322	19.8160294	19.3016	0.5144294
14	980475.328	980439.668	35.66	20.1543096	19.7554	0.3989096
15	980475.859	980440.753	35.106	19.6006396	19.3886	0.2120396
16	980476.157	980441.455	34.702	19.1956336	19.1524	0.0432336
17	980476.45	980442.06	34.39	18.8838366	18.9497	-0.0658634
18	980476.771	980442.697	34.074	18.5683398	18.7366	-0.1682602
19	980476.96	980443.139	33.821	18.3140266	18.5895	-0.2754734
20	980477.116	980443.418	33.698	18.19058	18.4984	-0.30782
21	980477.446	980443.688	33.758	18.2507354	18.4129	-0.1621646
22	980477.642	980443.739	33.903	18.395813	18.3998	-0.003987
23	980477.644	980443.63	34.014	18.5065852	18.4409	0.0656852
24	980477.525	980443.303	34.222	18.7144634	18.557	0.1574634
25	980477.2	980442.58	34.62	19.1122754	18.8079	0.3043754
26	980476.513	980441.215	35.298	19.7903262	19.2615	0.5288262
27	980476.923	980441.519	35.404	19.8973012	19.1885	0.7088012
28	980475.95	980440.379	35.571	20.0650472	19.5458	0.5192472
29	980474.487	980438.497	35.99	20.4856338	20.1392	0.3464338
30	980469.217	980430.047	39.17	23.6689044	23.0686	0.6003044
31	980470.238	980430.29	39.948	24.4422702	22.9456	1.4966702
32	980470.27	980431.114	39.156	23.6513676	22.6169	1.0344676
33	980468.237	980428.276	39.961	24.4587644	23.5962	0.8625644
34	980469.325	980429.889	39.436	23.933501	23.1382	0.795301
35	980478.032	980443.812	34.22	18.7127692	18.3879	0.3248692



شکل ۳: نقشه‌ی آنامولی هوای آزاد



شکل (۴) تغییرات آنامولی هوای آزاد در طول پروفیل‌های شماره ۱ و شماره ۲ را نشان می‌دهد.



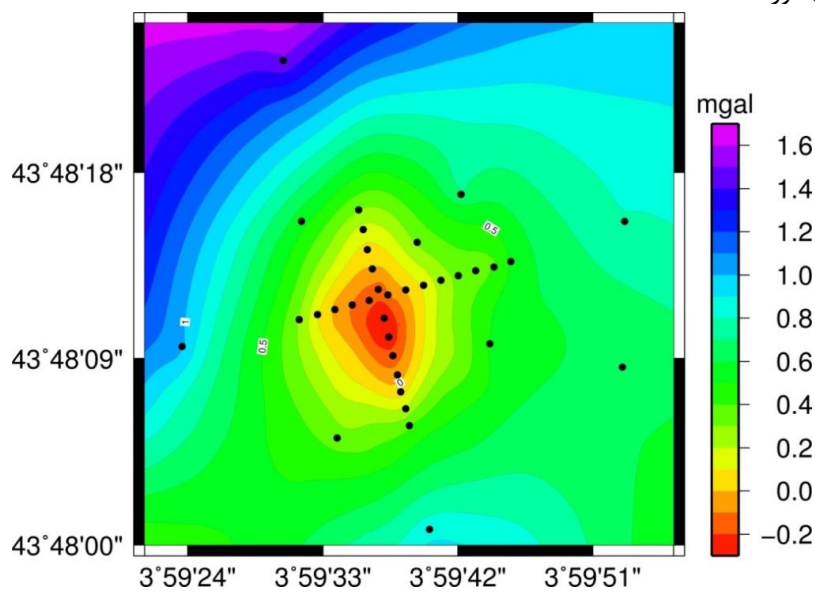
شکل ۴: آنامولی هوای آزاد در طول پروفیل‌های (بالا) شماره ۱ و (پایین) شماره ۲

### ۳-۶- تصحیح بوگه‌ی کامل

در این پروژه، از نرم افزار تی سی (TC) برای محاسبه‌ی همزمان تصحیح تخته‌ی بوگه و تغییرات توپوگرافی استفاده شده است. این نرم‌افزار یکی از اجزای بسته‌ی نرم‌افزاری گروسافت<sup>۸</sup> است. برای محاسبه‌ی این تصحیح از مدل رقومی ارتفاعی که در بخش (۱) به آن اشاره شد، استفاده شده و مقدار چگالی پوسته در این ناحیه ۲/۶۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته شده است. مقادیر خروجی از نرم‌افزار تی سی برای تصحیح بوگه‌ی کامل، در جدول (۲) ارائه شده‌اند. طبق رابطه‌ی زیر، با کسر این تصحیحات از مقادیر آنامولی هوای آزاد، آنامولی بوگه‌ی کامل حاصل خواهد شد [۶]:

$$\Delta g_B = g_{obs} + g_{fa} - Cg_B - \gamma_0$$

در این رابطه،  $Cg_B$  تصحیح بوگه‌ی کامل و  $\Delta g_B$  آنامولی بوگه‌ی کامل است. مقادیر آنامولی بوگه‌ی کامل برای این پروژه که از رابطه‌ی بالا به دست آمده‌اند، در جدول (۲) ارائه شده‌اند. شکل (۵) نمایان‌گر نقشه‌ی آنامولی بوگه‌ی کامل در منطقه‌ی مورد مطالعه است.



شکل ۵: نقشه‌ی آنامولی بوگه‌ی کامل

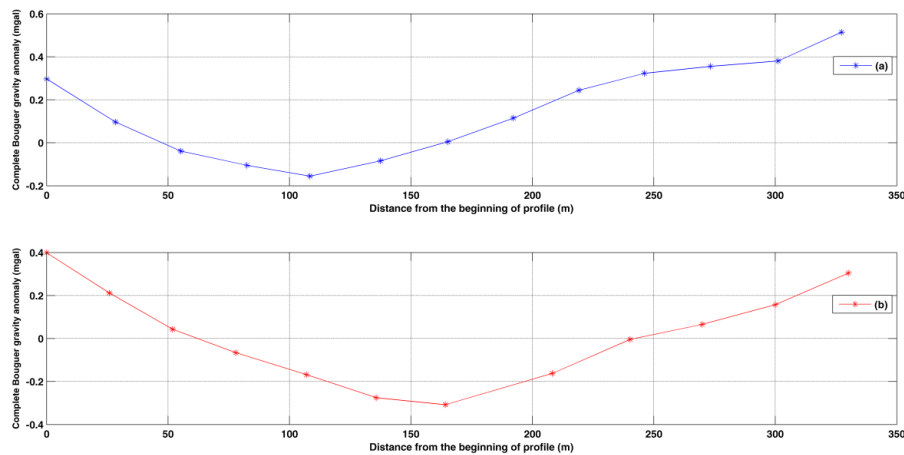
<sup>7</sup> Topographic Correction

<sup>8</sup> Gravsoft





شکل (۶) تغییرات آنامولی بوگه‌ی کامل در طول پروفیل‌های شماره ۱ و شماره ۲ را نشان می‌دهد.



شکل ۶: آنامولی بوگه‌ی کامل در طول پروفیل‌های (بالا) شماره ۱ و (پایین) شماره ۲

#### ۴- نتیجه‌گیری

همان‌طور که در پروفیل‌های شکل (۶) مشاهده می‌شود، یک آنامولی بوگه منفی تقریباً در وسط منطقه‌ی مورد مطالعه مشهود است. این آنامولی منفی به معنای وجود چگالی کم در زیر این منطقه است که فرض فرونشست زمین در این منطقه را ثابت می‌کند. برخورد شهاب‌سنگ‌ها (از آنجاکه چگالی آن‌ها زیاد است) اصولاً منجر به آنامولی بوگه‌ی مثبت خواهد شد، ضمن اینکه این برخوردها تغییراتی را در سنگ‌های اطراف، از لحاظ شیمیایی ایجاد می‌کند. با توجه به اینکه بازرسی‌های زمین‌شناسان در محل، وجود سنگ‌های تغییر ماهیت یافته در اثر برخورد را تأیید نمی‌کند، لذا نتیجه‌گیری مبتنی بر فرونشست در منطقه مورد تأیید قرار می‌گیرد.

#### مراجع

- [1] W. M. Telford, and R. E. Sheriff, *Applied geophysics*. England: Cambridge University Press, 1990.
- [2] M. Abbasi, "The microgravimetry method and its applications in engineering", Bana & Nama (Journal of construction Engineering organization, Zanjan province, Iran), Vol. 2(3), pp. 36-40, 2010 (In Persian).
- [3] I. M. Longman, "Formulas for computing the tidal accelerations due to the Moon and the Sun", *Journal of Geophysical Research*, Vol. 64(12), pp. 2351-2355, 1959.
- [4] A. A. Okiwelu, E. E. Okwueze, and I. B. Osazuwa, "Strategies for accurate Determination of Drift Characteristics of Unstable Gravimeter in Tropical", *Applied Physics Research*, Vol. 3(2), pp. 190-202, 2011.
- [5] B. Hofmann, and H. Moritz, *Physical geodesy*. USA: Springer Wein New York, 2005.
- [6] R. J. Blakely, *Potential theory in gravity and magnetic applications*. England: Cambridge University Press, 1996.





## Investigation of Earth's gravity field in south of Montpellier region (France) by microgravimetry method

Sharifi, B. <sup>\*1</sup>, Abbasi, M. <sup>2</sup>, Barriot, J. P. <sup>3</sup>

1- Geodesy MSc student, Surveying Engineering Department, University of Zanjan

2- Assistant professor, Surveying Engineering Department, University of Zanjan

2- Professor, University of French Polynesia, France

### Abstract

In the South-East of France, near Montpellier city, on the top of a hill, there is a creu (like crater) of more than 300 m diameters. There are two hypotheses about the origin of this creu: impact of a meteorite or land subsidence. In order to answer this question, we applied microgravimetry method by measuring the gravity in 35 points aligned in two profiles as well as their precise positions with geodetic GPS receivers. After correcting the measurements for tidal and drift effects, we computed the Bouguer anomalies over the region. A considerable negative anomaly of about -0.3 mgal is distinguished in the center of creu. This negative anomaly indicates the existence of low density matters under this location. Therefore, this creu is most probably due to a land subsidence in a karstic region.

**Keywords:** Gravity, microgravimetry, Meteorite, karstic cavities, Gravimetric corrections.

Correspondence Address: Surveying Engineering Department, University of Zanjan, P. O. Box: 45371-38791, Zanjan, Iran.

**Tel:** +98 2433052468.

**Email:** [babak.sharifi@znu.ac.ir](mailto:babak.sharifi@znu.ac.ir)